



①⑨ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 103 00 330 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
B 60 C 23/06

②① Aktenzeichen: 103 00 330.4
②② Anmeldetag: 9. 1. 2003
④③ Offenlegungstag: 31. 7. 2003

DE 103 00 330 A 1

⑥⑥ Innere Priorität:
102 00 552. 4 09. 01. 2002

⑦① Anmelder:
Continental Teves AG & Co. oHG, 60488 Frankfurt,
DE; Continental Aktiengesellschaft, 30165
Hannover, DE

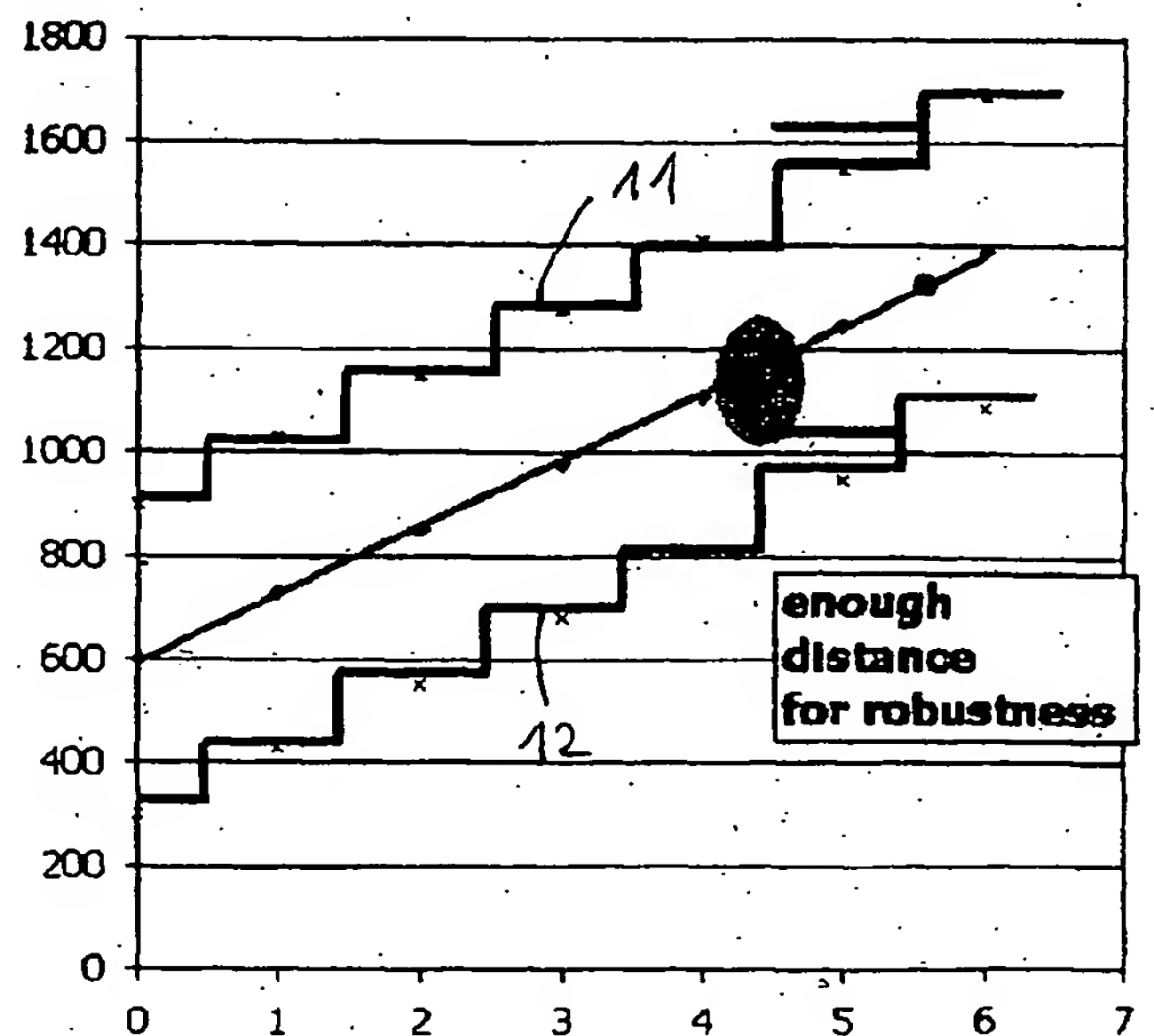
⑦② Erfinder:
Grießer, Martin, Dr., 65760 Eschborn, DE; Köbe,
Andreas, Dr., 64625 Bensheim, DE; Edling, Frank,
65929 Frankfurt, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gem. Paragraph 43 Abs. 1 Satz PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren zur Erkennung eines Reifendruckverlusts

⑤⑦ Beschrieben ist ein Verfahren zur Erkennung eines Druckverlustes von Reifen in einem Kraftfahrzeug während der Fahrt durch Auswertung von mittels Sensoren gemessenen Winkelgeschwindigkeiten der Räder oder Auswertung von Informationen, die die Winkelgeschwindigkeiten auf Basis von Zeitintervallen angeben, bei dem Referenzwerte für Geschwindigkeitsintervalle i gebildet werden, mit den gebildeten Referenzwerten obere und untere stufenförmige Erkennungsschwellen (1, 2) für die Reifendruckerkennung festgelegt werden und das Druckverlusterkennungsverfahren modifiziert wird, wenn die Räder aufgrund unterschiedlicher Reifenbeschaffenheit voneinander abweichende Abrolleigenschaften haben.



DE 103 00 330 A 1

- [0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung eines Reifendruckverlustes in einem Kraftfahrzeug gemäß Oberbegriff von Anspruch 1.
- 5 [0002] In Kraftfahrzeugen, die mit einem elektronischen System zur Bremsdruckregelung oder zur Regelung der Fahrdynamik (ABS, ASR, ESP etc.) ausgestattet sind, wird die Winkelgeschwindigkeit der Fahrzeugräder durch Raddrehzahlsensoren aufgenommen. Es ist bekanntermaßen möglich, einen auftretenden Druckverlust in einem Reifen durch eine genaue Analyse der Radgeschwindigkeitsdaten festzustellen, da sich bei gleichbleibender Fahrzeuggeschwindigkeit im Falle eines Reifendruckverlustes die Winkelgeschwindigkeit des defekten Rades geringfügig erhöht.
- 10 [0003] Aus der WO 01/56815 ist ein drucksensorloses Druckverlusterkennungsverfahren bekannt, bei dem zur Druckverlusterkennung auf Basis von Raddrehzahlinformationen zunächst Referenzwerte aus unterschiedlichen Radpaarungen gebildet werden. Unter anderem werden Referenzwerte Ref der diagonalen Räder, z. B. vorne links (VL) und hinten rechts (HR) bzw. vorne rechts (VR) und hinten links (HL), gebildet. Die ermittelten Werte werden zunächst in einer Lernphase eingelernt. Mit Hilfe der eingelernten Referenzwerte werden dann obere und untere Schwellenwerte gebildet.
- 15 In der sich an die Lernphase anschließenden Vergleichsphase wird ein Druckverlust daran erkannt, dass ein Vergleich mit den gebildeten Schwellenwerten durchgeführt wird. Verlässt der aktuelle Referenzwert einen durch die Schwellenwerte festgelegten Toleranzbereich, so liegt mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit zumindest ein vorläufiger Druckverlust vor, welcher. Es ist außerdem bekannt, das Verfahren sinnvoll sind, die einen vorläufig erkannten Druckverlust durch Auswertung weiterer vorhandener Parameter als einen tatsächlichen Druckverlust absichern.
- 20 [0004] Die Erfassung der Radgeschwindigkeit über die Drehzahl mittels Raddrehzahlsensoren setzt voraus, dass der dynamische Abrollumfang des jeweiligen Rades der Auswerteeinrichtung, z. B. dem ABS-Steuergerät, bekannt ist. Dieser wird durch die Auswerteeinrichtung normalerweise indirekt ermittelt, z. B. durch das weiter oben beschriebene Lernverfahren.
- [0005] Die Erfindung setzt sich zum Ziel, dass zuvor beschriebene Verfahren zur Erkennung eines Reifendruckverlusts weiter zu verbessern.
- 25 [0006] Diese Aufgabe wird durch das Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst.
- [0007] Es hat sich gezeigt, dass der momentabhängige dynamische Abrollumfang unter anderem von der Reifenbeschaffenheit, das heißt insbesondere vom Reifentyp (Fabrikat, Sommer-/Winterreifen etc.) oder vom Umfang und der Art der Beanspruchung im Betrieb des Reifens (Einlaufen, Verschleiß etc.), abhängig ist.
- 30 [0008] Gemäß der Erfindung erfolgt das Einlernen von Referenzwerten in Abhängigkeit von der Fahrzeuggeschwindigkeit. Dies bietet unter anderem den Vorteil, dass der Effekt von auf das Rad einwirkenden Drehmomenten mitberücksichtigt werden kann. Insbesondere ist vorgesehen, dass der mögliche Geschwindigkeitsbereich eines Kraftfahrzeugs, z. B. bei einem PKW von 0 bis 250 km/h, in mehrere Geschwindigkeitsintervalle i eingeteilt wird, z. B. in $i = 1$ bis 7 Intervalle, welche besonders bevorzugt gleich lang sind. Für jedes Intervall i wird dann ein Referenzwert Ref_i^{Lern} gebildet.
- 35 Durch Hinzufügen eines Toleranzbereichs ergibt sich dann für jeden Referenzwert ein zulässiges Toleranzband (siehe Band 3 in Fig. 1) mit einer oberen Schwelle 1 und einer unteren Schwelle 2. Wird das Toleranzband durch den jeweiligen, dem Band zugeordneten Referenzwert verlassen, liegt ein vorläufiger oder endgültiger Druckverlust vor.
- [0009] Die für verschiedene Geschwindigkeitsintervalle eingelernten Referenzwerte Ref_i^{Lern} weisen insbesondere dann eine Geschwindigkeitsabhängigkeit auf, wenn mindestens ein in der DDS-Betrachtung berücksichtigter Reifen ein momentabhängiges Abrollverhalten aufweist, welches vom momententsprechenden Verhalten der übrigen an das Kraftfahrzeug montierten Räder abweicht. Dies ist zum Beispiel dann der Fall, wenn am Fahrzeug drei Sommerreifen und ein Winterreifen montiert sind. Im allgemeinen ist die Kurve $Ref_i^{Lern}(v)$, welche die Geschwindigkeitsabhängigkeit wiedergibt, nicht streng linear, sondern besitzt die Form einer ansteigende treppenförmige Kurve, welche mehr oder weniger stark vom linearen Verlauf abweicht. Durch diese Abweichung können sich auf Grund der Geschwindigkeitsintervalle unterschiedliche Stufenabstände ergeben.
- 40 [0010] Bevorzugt werden die Referenzwerte aus diagonalen Radpaarungen gewonnen. Die Referenzwerte können insbesondere gefiltert bzw. gemittelt sein.
- [0011] Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden Räder mit vom idealisierten Verhalten abweichendem Verlauf lokalisiert und die Druckverlusterkennung wird unter Berücksichtigung dieser zusätzlichen Information in geeigneter Weise modifiziert. Insbesondere wird im Algorithmus zur Druckverlusterkennung ein Statuswert, z. B. eine Variable "WORN" oder ein Statusbit etc. gesetzt, welche die beiden Zustände "Unterschied in der Reifenbeschaffenheit" oder "kein Unterschied in der Reifenbeschaffenheit" einnehmen kann.
- 50 [0012] Räder, die vom idealisierten Verhalten abweichen, werden nach einer bevorzugten Ausführungsform dadurch erkannt, dass die eingelernten Referenzwerte bzw. Grenzwerte in Fahrzuständen mit einem an den angetriebenen Rädern anliegenden Drehmoment mit den entsprechenden Referenzwerten in freierrollenden Fahrzuständen verglichen werden (kein Antriebsmoment). Dieser Vergleich erfolgt insbesondere bei hohen Geschwindigkeiten. Besonders bevorzugt wird der Statuswert "WORN" genau dann gesetzt, wenn die vorstehend beschriebene Differenz einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitet.
- 55 [0013] Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform werden Räder, die vom idealisierten Verhalten abweichen, dadurch erkannt, dass die Größe der Abweichung von eingelernten Referenzwerten zwischen verschiedenen Geschwindigkeitsintervallen, insbesondere von zwei unmittelbar nebeneinanderliegenden Intervallen, miteinander verglichen werden.
- 60 [0014] Insbesondere wird dabei folgender Zusammenhang zugrundegelegt:
- 65 $|Ref_n^{Lern} - Ref_k^{Lern}| < |Delta \cdot (n-k)|$
- [0015] Dabei ist:
 n ein Wert für ein Intervall im Bereich zwischen 0 und dem Höchstwert für die Geschwindigkeitsintervalle,

k ein Wert für ein Intervall zwischen $n+1$ und dem Höchstwert für die Intervalle und Delta eine vorgegebene zulässige Differenz zwischen zwei benachbarten Geschwindigkeitsintervallen.

[0016] Besonders bevorzugt werden in der vorstehenden Formel nach dem Verfahren der Erfindung alle möglichen Kombinationen von n und k zur Auswertung herangezogen. Es erfolgt demzufolge ein Vergleich von jedem Intervall mit jedem anderen Intervall. Es werden hierzu mindestens zwei Referenzwerte berücksichtigt, die aus unterschiedlichen Radpaarungen, wie Seitenverhältnisse, Achsenverhältnisse und Diagonalenverhältnisse, ermittelt wurden. Diese können dann so ausgewertet werden, dass erkannt wird, an welcher der Achsen die unterschiedlichen Reifen vorliegen. Wenn insbesondere eine Kombination n, k von Intervallen die obige Formel erfüllt, wird der Statuswert "WORN" auf den Zustand "Unterschied in der Reifenbeschaffenheit" gesetzt.

[0017] Nach einer bevorzugten Ausführungsform wird der Statuswert "WORN" auf den Zustand "kein Unterschied in der Reifenbeschaffenheit" zurückgesetzt, wenn das Lernverfahren des DDS, insbesondere durch Drücken der Reset-Taste, neu gestartet wird.

[0018] Eine Modifikation des Druckverlusterkennungsverfahrens erfolgt bevorzugt durch eine Verbreiterung des Erkennungsbandes zumindest im Bereich der in Betracht kommenden Intervalle i oder durch Abschaltung des gesamten Druckverlusterkennungssystems oder durch Abschaltung von Teilen dieses Systems oder durch Einschränkung des Bereichs der zulässigen Radmomente für den Statuswert "WORN".

[0019] Abweichungen vom linearen Verlauf der Schwellen treten bevorzugt bei folgenden Radpaarungen auf:

- Ein abgefahrener und ein neuer Reifen auf der angetriebenen Achse,
- ein weicher Reifen und ein harter Reifen an der angetriebenen Achse,
- Reifen mit einer großen Abhängigkeit des dynamischen Abrollumfangs von der Geschwindigkeit und/oder vom Drehmoment (z. B. runderneuerte Reifen).

[0020] Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird das Einlernen unterbrochen, wenn ein Druckverlust während des Einlernens, z. B. durch einen Druckverlust-Zähler, welcher größer als Null ist, erkannt wird.

[0021] Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird ein weiterer Statuswert "SUS" auf den logischen Wert "1" gesetzt, wenn ein aktueller Referenzwert in der Nähe einer Intervallflanke liegt, z. B. bei 80% der Flankenbreite. Wenn der Statuswert "SUS" auf "1" gesetzt ist und sich zum Zwecke des Lernens eines neuen Ref_i^{Lern} -Wertes in ein neues Intervall bewegt wird, wird der Statuswert "WORN" auf "kein Unterschied in der Reifenbeschaffenheit" gesetzt.

[0022] Neben der zuvor beschriebenen Erkennung einer unterschiedlichen Reifenbeschaffenheit mit einem Referenzwert, der beispielsweise aus einem Diagonalenverhältnis (vorne links – hinten rechts oder vorne rechts – hinten links) gebildet ist, kann die Erkennung zusätzlich verbessert werden, wenn, was bevorzugt ist, mindestens zwei Referenzwerte berücksichtigt werden, die aus unterschiedlichen Radpaarungen, wie Seitenverhältnisse, Achsenverhältnisse und Diagonalenverhältnisse, ermittelt wurden. Besonders bevorzugt wird zur Erkennung ein Diagonalenverhältnis zusammen mit einem Achsenverhältnis gemeinsam betrachtet.

[0023] Weitere bevorzugte Ausführungsformen ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels an Hand von Figuren.

[0024] Es zeigen

[0025] Fig. 1 ein Diagramm, in dem eingelernte Referenzwerte der diagonalen Radpaare für unterschiedlich abgefahrene Reifen bzw. für Reifen mit unterschiedlicher Härte, welche an der Antriebsachse montiert sind, über die Geschwindigkeit aufgetragen sind,

[0026] Fig. 2 ein weiteres Diagramm mit eingelernten Referenzwerten,

[0027] Fig. 3 ein weiteres Diagramm mit eingelernten Referenzwerten mit nicht gleichmäßig hohen Stufen, und

[0028] Fig. 4 ein Diagramm, welches die Lage der Schwellen darstellt, nach dem der zulässige Bereich der Druckverlusterkennung erweitert wurde.

[0029] In Fig. 1 ist das Prinzip der Druckverlusterkennung während der Vergleichsphase nach dem Einlernen von geschwindigkeitsabhängigen Schwellen 1, 2 dargestellt. Wenn der Schlupf der Reifen an der Antriebsachse auf Grund des anliegenden Moments unterschiedlich ist, steigt der jeweils pro Intervall eingelernte Wert Ref_i^{Lern} (Bezugszeichen 4) bei steigendem Moment und damit auch bei steigender Geschwindigkeit an. Die Geschwindigkeit ist auf der Abszisse aufgetragen. Durch das Einlernen von Referenzwerten 4 jeweils individuell für ein Geschwindigkeitsintervall i ergibt sich ein treppenförmiger Verlauf der oberen 1 und unteren Druckererkennungsschwellen 2. Die Grenzen zwischen zwei Geschwindigkeitsintervallen liegen im Beispiel von Fig. 1 genau zwischen zwei Referenzwerten. Die Treppenform der Schwellen 1 und 2 kommt dadurch zustande, dass für jedes Geschwindigkeitsintervall ein oberer und unterer Grenzwert 9, 10 gebildet wird, welcher durch Addition bzw. Subtraktion einer geeigneten Zahl von dem Referenzwert im Mittelpunkt des jeweiligen Intervalls entsteht. Die Punkte 4 sind beispielhafte Referenzwerte, welche in der Vergleichsphase gebildet wurden.

[0030] In Fig. 2 befindet sich der aktuell gebildete Referenzwert 5, der bei einer bestimmten momentanen Fahrzeuggeschwindigkeit v gebildet wurde, in der Nähe der unteren Druckererkennungsschwelle 2 und gleichzeitig in der Nähe eines Übergangs zwischen zwei Geschwindigkeitsintervallen. Aufgrund der Treppenform der Schwellen 1 und 2 liegt der aktuelle Referenzwert 5 im Randbereich der Intervalle i (bzw. in der Nähe der Flanken 6 und 6') näher an den Grenzen 1 und 2 als im inneren Bereich der Intervalle i . Da eine Druckverlusterkennung bei Austritt des aktuellen Referenzwertes aus Bereich 3 erkannt wird (zu positiven oder zu negativen Referenzwerten hin), ist die Druckverlusterkennung im Bereich der Sprünge 6 empfindlicher, so dass an diesem Punkt nachteilhafterweise die Wahrscheinlichkeit einer Fehlwarnung besonders hoch ist. Noch geringer ist der Abstand zu Flanke 6', wenn ein Grenzwertintervall bei einer Geschwindigkeit (bei Punkt 5') gelernt wurde, welche innerhalb und am rechten Rand von Intervall 4 liegt, und der aktuelle Referenzwert 5 am linken Rand dieses Intervalls liegt.

[0031] Fig. 3 zeigt ein Beispiel für eingelernte Werte von Ref_i^{Lern} , welche zwischen Intervall 4 und 5 eine größere Stufe

7, 7' aufweisen. Auch hier können aktuelle Referenzwerte, welche zum Beispiel im Bereich 8 liegen, unerwünscht nahe an den Grenzen 1 und 2 liegen, wodurch die Empfindlichkeit des Reifendruckverlusterkennungsvorgangs in bestimmten Geschwindigkeitsteilbereichen zu hoch werden kann.

[0032] In Fig. 4 ist ein den Fig. 1 bis 3 entsprechender Graph dargestellt. Im Gegensatz zu den vorhergehend beschriebenen Figuren wurde der Bereich zwischen den Erkennungsschwellen 11 und 12 erweitert. Zum besseren Vergleich ist ein Teil der ursprünglichen Schwellen mit 1' und 2' bezeichnet. Hierdurch wird die unerwünscht hohe Empfindlichkeit des Druckverlusterkennungssystems, wie sie in den Beispielen der Fig. 1 bis 3 vorliegt, wirksam verringert.

[0033] Zur Verbesserung der Erkennung eines Reifens mit einem abweichendem Abrollumfang können zusätzlich weitere Referenzwerte

$$\text{Ref}_{\text{vorne}} = \frac{T_2 - T_1}{T_2 + T_1} \quad \text{und}$$

$$\text{Ref}_{\text{hinten}} = \frac{T_4 - T_3}{T_4 + T_3}$$

gebildet werden, wobei T_i eine Zeitdifferenz ist, die am Ausgang eines üblichen Raddrehzahlsensors als Maß für die Winkelgeschwindigkeit gemessen wird. Wenn alle Reifen ähnliche Abrolleigenschaften haben, so weisen die Variablen $\text{Ref}_{\text{vorne}}$ und $\text{Ref}_{\text{hinten}}$ Werte in der Nähe von Null auf. Weichen die Werte um mehr als einen bestimmten Betrag von Null ab, liegt mit gewisser Wahrscheinlichkeit eine unterschiedliche Reifenbeschaffenheit vor. Es ist dabei zweckmäßig, durch Auswertung weiterer Referenzwerte festzustellen, an welcher Radposition sich ein Reifen mit einer Abweichung des hier betrachteten Abrollverhaltens befindet.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erkennung eines Druckverlustes von Reifen in einem Kraftfahrzeug während der Fahrt durch Auswertung von mittels Sensoren gemessenen Winkelgeschwindigkeiten der Räder oder Auswertung von Informationen, die die Winkelgeschwindigkeiten auf Basis von Zeitintervallen angeben, **dadurch gekennzeichnet**, dass
 - a) Referenzwerte für Geschwindigkeitsintervalle i gebildet werden,
 - b) mit den in Schritt a) gebildeten Referenzwerten obere und untere stufenförmige Erkennungsschwellen (1, 2) für die Reifendruckerkennung festgelegt werden und
 - c) das Druckverlusterkennungsvorgang modifiziert wird, wenn die Räder aufgrund unterschiedlicher Reifenbeschaffenheit voneinander abweichende Abrolleigenschaften haben.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Referenzwerte eingelernte Werte insbesondere der diagonalen Radpaarungen sind.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine unterschiedliche Reifenbeschaffenheit dadurch erkannt wird, dass Referenzwerte in freirollenden Fahrzuständen mit Referenzwerten in angetriebenen Fahrzuständen verglichen werden.
4. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine unterschiedliche Reifenbeschaffenheit, dadurch erkannt wird, dass eingelernte Referenzwerte unterschiedlicher Intervalle miteinander verglichen werden.
5. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei Referenzwerte berücksichtigt werden, die aus unterschiedlichen Radpaarungen, wie Seitenverhältnisse, Achsenverhältnisse und Diagonalenverhältnisse, ermittelt wurden und diese so ausgewertet werden, dass erkannt wird, an welcher der Achsen die unterschiedlichen Reifen vorliegen.
6. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Druckverlusterkennungsvorgang in der Weise modifiziert wird, dass der Bereich, welcher durch die obere und unteren Erkennungsschwellen (1, 2) gebildet wird, zu einem größeren zulässigen Bereich erweitert wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

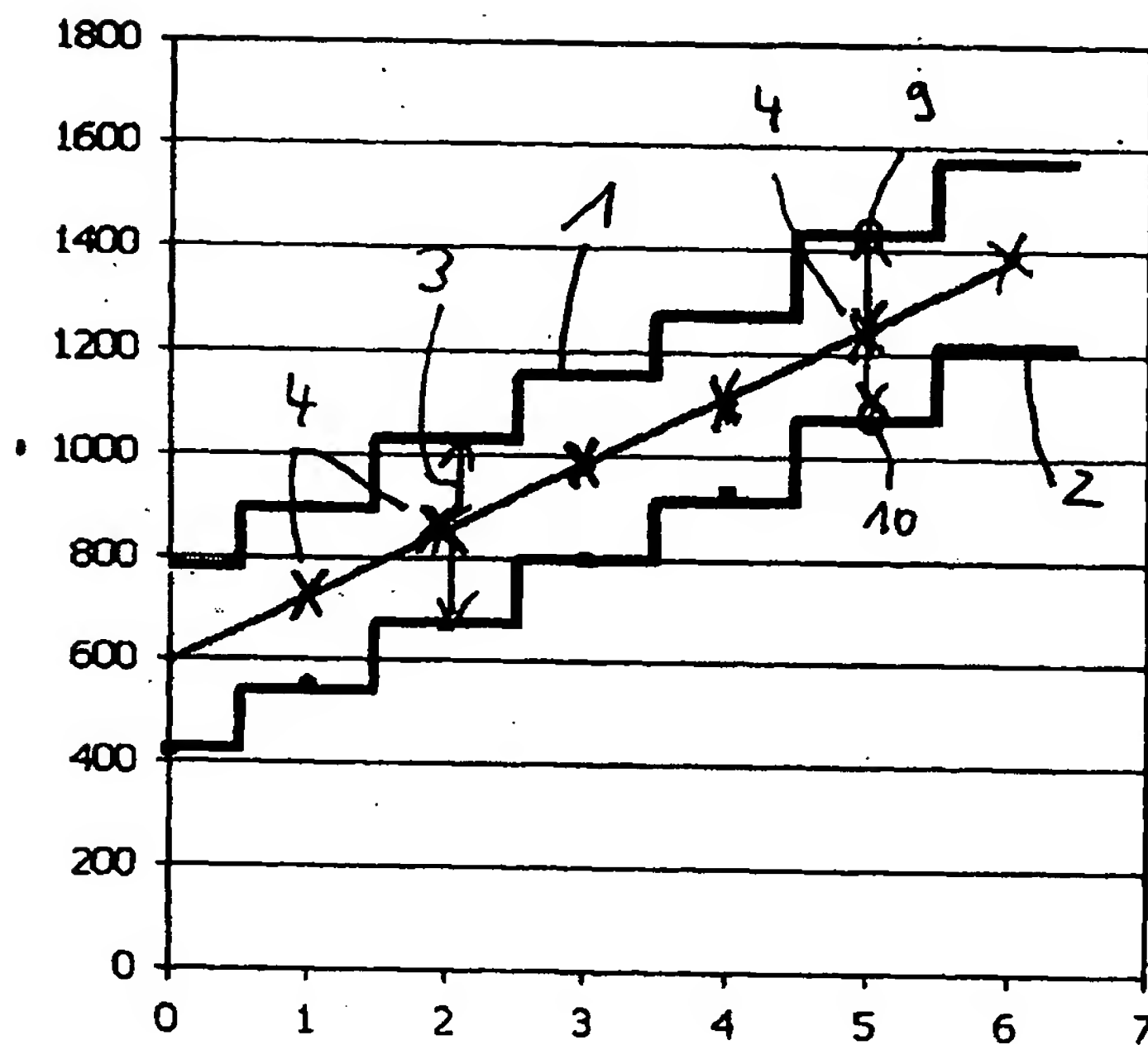


Fig. 1

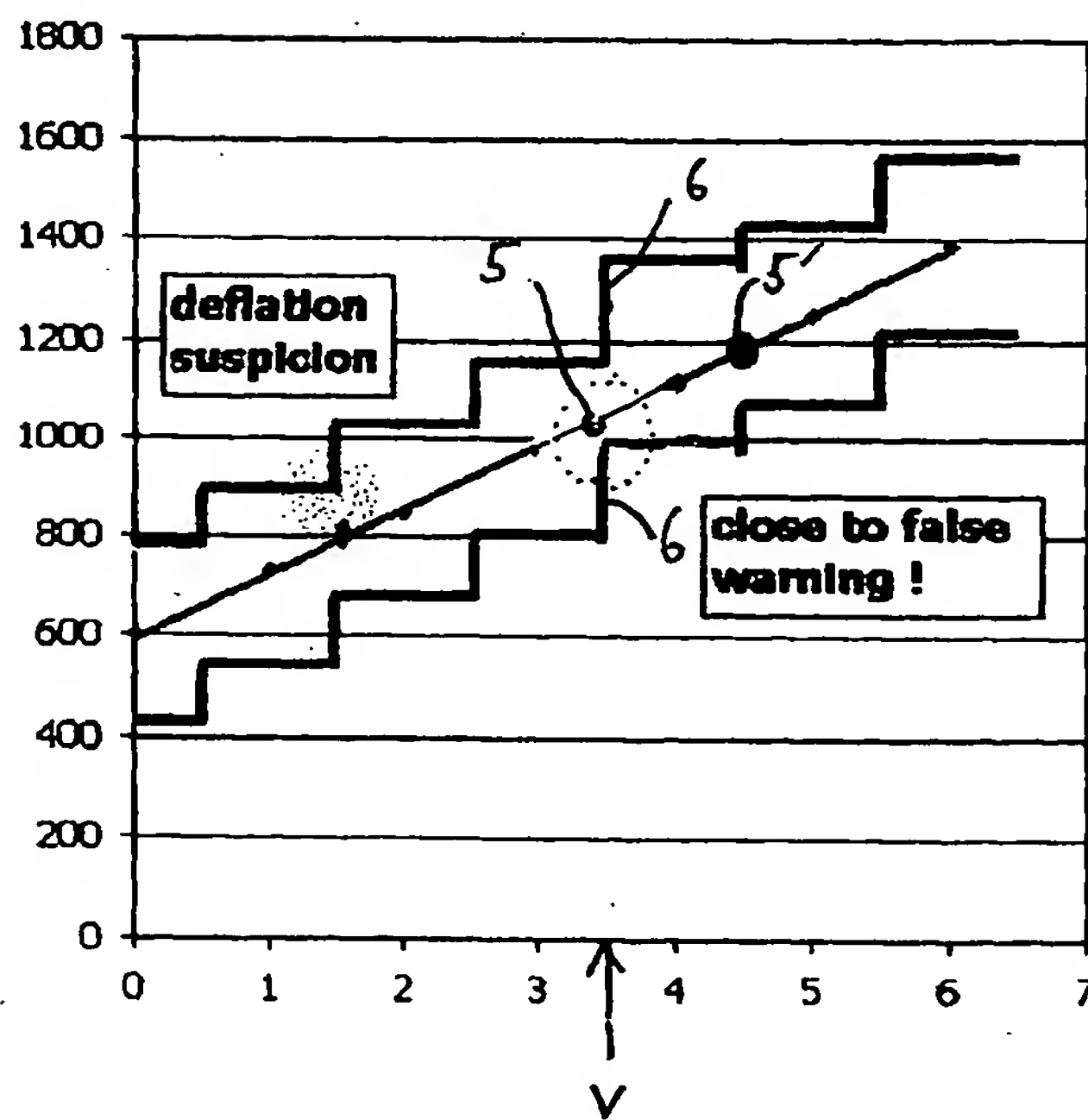


Fig. 2

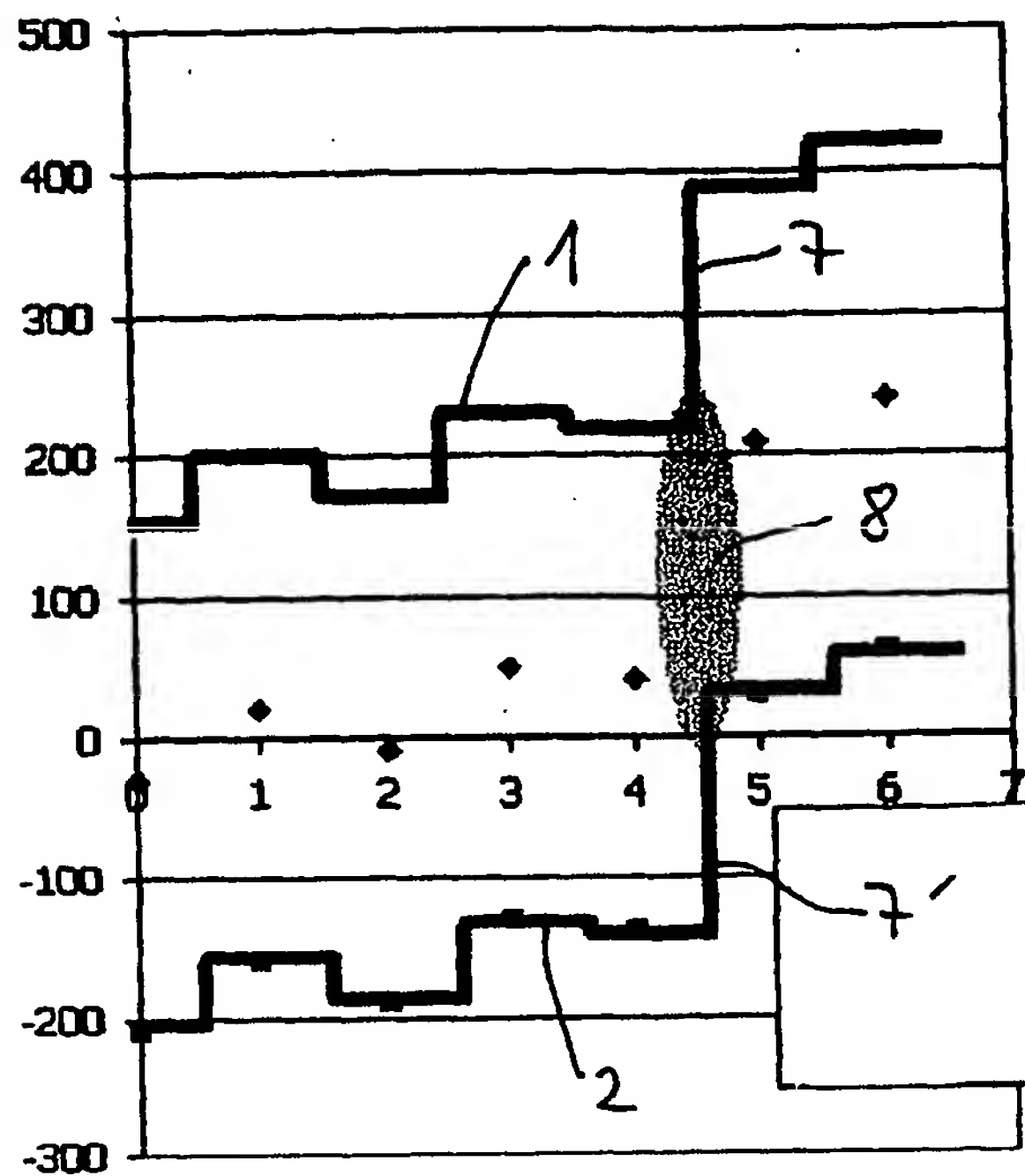


Fig. 3

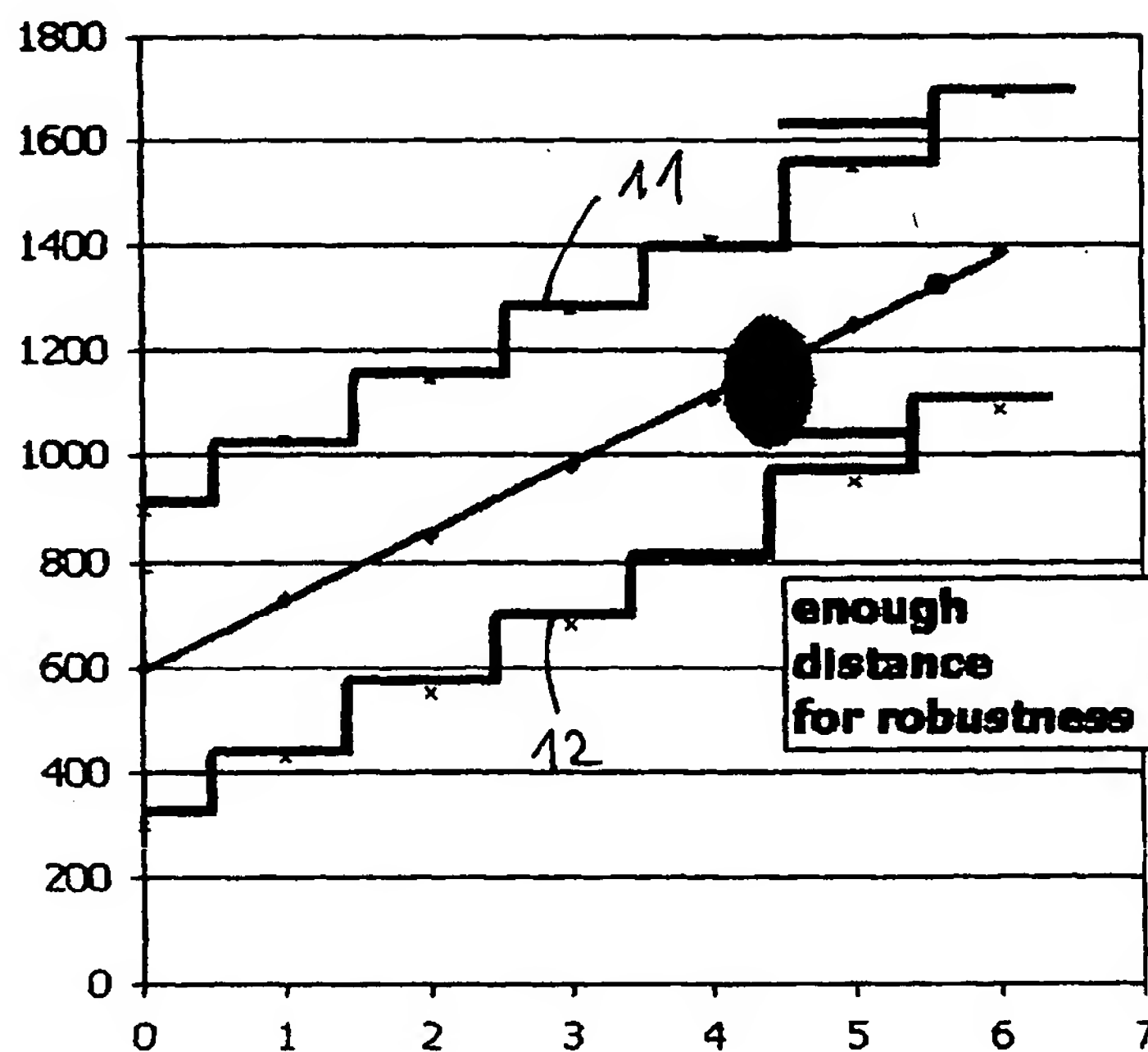


Fig. 4